



# Grünen Wasserstoff sinnvoll im Verkehr einsetzen

**Der Verkehrssektor soll bis zum Jahr 2050 treibhausgasneutral werden. Wasserstoff und Brennstoffzelle werden für spezielle Einsatzzwecke eine wichtige Rolle spielen. Wasserstoff ist allerdings aus erneuerbaren Energiequellen zu erzeugen.**

Klimaschutz steht ganz oben auf der politischen Agenda der neuen EU-Kommission und von Österreichs Bundesregierung. Österreich soll im Jahr 2040 treibhausgasneutral sein, auch die EU-Klimaziele für das Jahr 2030 werden nachgeschärft.<sup>1</sup> Die notwendige Dekarbonisierung betrifft auch den größten CO<sub>2</sub>-Emittenten in der EU, den Verkehr. Die Strategien dazu orientieren sich am Prinzip „vermeiden – verlagern – verbessern“.<sup>2</sup> Vermeiden von nicht unbedingt erforderlichem Verkehr hat dabei Priorität vor der Verlagerung auf klimaverträgliche Verkehrsformen und der Verbesserung durch Energieeffizienz.

## Grüner Wasserstoff spielt wichtige Rolle

Durch zunehmende Nutzung von Windkraft und Photovoltaik wird die Entwicklung von Energiespeichern auch im Verkehrsbereich notwendig. Wasserstoff ist hier eine Möglichkeit ergänzend zu Batterien. Derzeit wird Wasserstoff hauptsächlich aus Erdgas hergestellt. Für die Zukunft braucht es den Einsatz von grünem Wasserstoff. Dafür wird zusätzlich Strom erzeugt werden müssen. Der Brennstoffzellen-Antrieb eignet sich vor allem für Bereiche, in denen hohe Reichweiten, das Fahrzeuggewicht, hohe Zuladung, Betrieb bei kalten Umgebungstemperaturen und Betankungszeiten relevant sind.

## »» Forschungsaktivitäten des Klima- und Energiefonds zu Wasserstoff-Mobilität

Der Klima- und Energiefonds beschäftigt sich intensiv mit dem Thema Wasserstoff und setzt mit „WIVA P&G - Wasserstoffinitiative Vorzeigeregion Austria Power & Gas“ auch einen Schwerpunkt zu diesem Energieträger. Aktuelle Forschungsprojekte decken einen weiten Bereich der Wasserstoff-Mobilität ab - eine Auswahl:

- Ganzheitliche Konzepte für die vollständige Dekarbonisierung städtischer Bustransportsysteme schafft das Projekt „**move2zero**“ in Graz. Dabei werden jeweils sieben Brennstoffzellen- und Batterie-Busse sowie innovative On-Demand Services demonstriert.
- Das Projekt „**UpHy I**“ hat sich zum Ziel gesetzt, mit der Entwicklung offizieller Eichmethoden für die Messung der Gasqualität und Abgabemengen von Wasserstoff den Ausbau des Tankstellennetzes zu unterstützen.
- Im Bereich der Lkw hat sich das Projekt „**HyTruck**“ zum Ziel gesetzt, die Leistung, Effizienz, Zuverlässigkeit und Lebensdauer von Nutzfahrzeugen mit Brennstoffzellen einen Schritt weiterzubringen. In einer Kooperation von Lkw-Produktion, Automobilentwicklung, Logistikunternehmen und vier Forschungseinrichtungen werden Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Tanksysteme, Steuerungs- und Energiemanagementstrategien für Nutzfahrzeuge entwickelt.
- Mobile emissionsfreie Ladestationen für Elektrofahrzeuge werden im Projekt „**MHP**“ entwickelt. Dabei werden auf einem Anhänger ein Wasserstoff-Tanksystem mit einer Brennstoffzelle, eine Batterie und eine Ladestation samt zugehöriger Leistungselektronik untergebracht.
- Zwei Forschungsprojekte widmen sich speziellen Antriebssystemen für den Einsatz im Wintertourismus. „**HySnow**“ entwickelt den Prototyp eines brennstoffzellenbasierten Schneemobils und seiner Energiebereitstellung. Im Projekt „**HySnowGroomer**“ wird der weltweit erste Prototyp für ein wasserstoffbetriebenes Pistenfahrzeug entwickelt, das auch als Notstromversorgungseinheit dienen kann.

### Was ist Wasserstoff?

Wasserstoff kommt in der Natur nur in gebundener Form vor, etwa in Wasser oder Kohlenwasserstoffen. Bei seiner Umsetzung mit Sauerstoff wird Energie frei und es entsteht Wasser.<sup>3</sup> Wasserstoff hat eine hohe Energiedichte von 33,3 Kilowattstunden pro Kilogramm, seine volumenbezogene Energiedichte ist als Gas unter Normalbedingungen sehr gering (etwa ein Drittel von Methan), kann aber durch Kompression<sup>3</sup> oder Verflüssigung<sup>4</sup> bei minus 253°C mit zusätzlichem Energieaufwand deutlich erhöht werden.

Wasserstoff ist keine Primärenergiequelle, sondern muss erst aus anderen Energieträgern erzeugt werden, derzeit überwiegend aus fossilen Rohstoffen wie Erdgas und Kohle mit Emissionen von 230 bis 318 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilowattstunde Wasserstoff („grauer Wasserstoff“). Wird das CO<sub>2</sub> unter Energieaufwand weitgehend abgetrennt, damit es nicht in die Atmosphäre gelangt, wird von „blauem“ Wasserstoff gesprochen, seine Emissionen liegen bei 23 bis 150 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilowattstunde Wasserstoff.<sup>5</sup> Abgetrenntes CO<sub>2</sub> kann stofflich weiter genutzt (CCU – „carbon capture and usage“) oder in geologischen Formationen gespeichert werden (CCS – „carbon capture and storage“). Insbesondere CCS steht wegen mangelnder öffentlicher Akzeptanz und ökologischer Risiken in der Kritik,<sup>6</sup> ist in Österreich – zumindest derzeit – gesetzlich verboten und damit keine Klimaschutz-Option.<sup>7</sup>

„Grüner Wasserstoff“ wird aus verschiedenen erneuerbaren Primärenergiequellen hergestellt, beispielsweise aus Elektrolyse durch die Aufspaltung von Wasser mittels erneuerbarem Strom in Wasserstoff und Sauerstoff, durch Photolyse (direkte Spaltung des Wassers mittels Sonnenenergie)<sup>8</sup> oder aus der Vergasung von Biomasse.<sup>9</sup> Die Diskussion zur Wasserstoffnutzung in Österreich, etwa im Zuge der Entwicklung der Wasserstoffstrategie der Bundesregierung, konzentriert sich auf grünen Wasserstoff aus Elektrolyse.<sup>7</sup>

### Wie Wasserstoff derzeit weltweit erzeugt und genutzt wird

Im Jahr 2018 betrug der weltweite Bedarf von Wasserstoff rund 115 Millionen Tonnen. 40 Prozent entstehen als Nebenprodukt industrieller Prozesse, 60 Prozent werden dezidiert als Wasserstoff erzeugt. Diese Menge hat sich seit dem

Jahr 1975 vervierfacht. Drei Viertel des dezidiert produzierten Wasserstoffs stammen aus Erdgas, wofür sechs Prozent des weltweit verbrauchten Erdgases benötigt werden, aus zwei Prozent des Weltkohleverbrauchs entsteht ein knappes Viertel des Wasserstoffbedarfs. Lediglich zwei Prozent stammen aus der Elektrolyse von Wasser und nur 0,7 Prozent des gesamten eigens erzeugten Wasserstoffs basieren auf erneuerbarer Energie oder Fossilenergie mit CO<sub>2</sub>-Abscheidung. Mehr als die Hälfte dieses Wasserstoffs wird in Raffinerien und über 40 Prozent zur Ammoniakproduktion verwendet.<sup>7</sup> Der Ausbau von Elektrolysekapazitäten ist erst in den letzten Jahren signifikant angestiegen. In den Jahren 2015 bis 2019 wurden weltweit rund 100 Projekte realisiert.<sup>9</sup>

### Wasserstoff kann in einem zukünftigen Energiesystem viele Rollen spielen

In einem zunehmend und langfristig de facto völlig auf erneuerbarer Energie basierten Energiesystem müssen hohe Anteile dargebotsabhängiger Energieformen wie Wind- oder Sonnenenergie integriert werden können. Zur Pufferung und Speicherung kann dazu durch Elektrolyse von Wasser aus erneuerbarem Strom grüner Wasserstoff hergestellt werden („Power-to-Hydrogen“). Die Umwandlungseffizienz liegt derzeit im Bereich von 60 bis 70 Prozent, wird durch gezielte technologische Weiterentwicklung künftig auf 80 Prozent und mehr gesteigert werden können.<sup>9</sup> Wasserstoff kann in Behältern, unterirdischen Speichern oder bestehenden Erdgasnetzen be-



## Wasserstoff-Busse

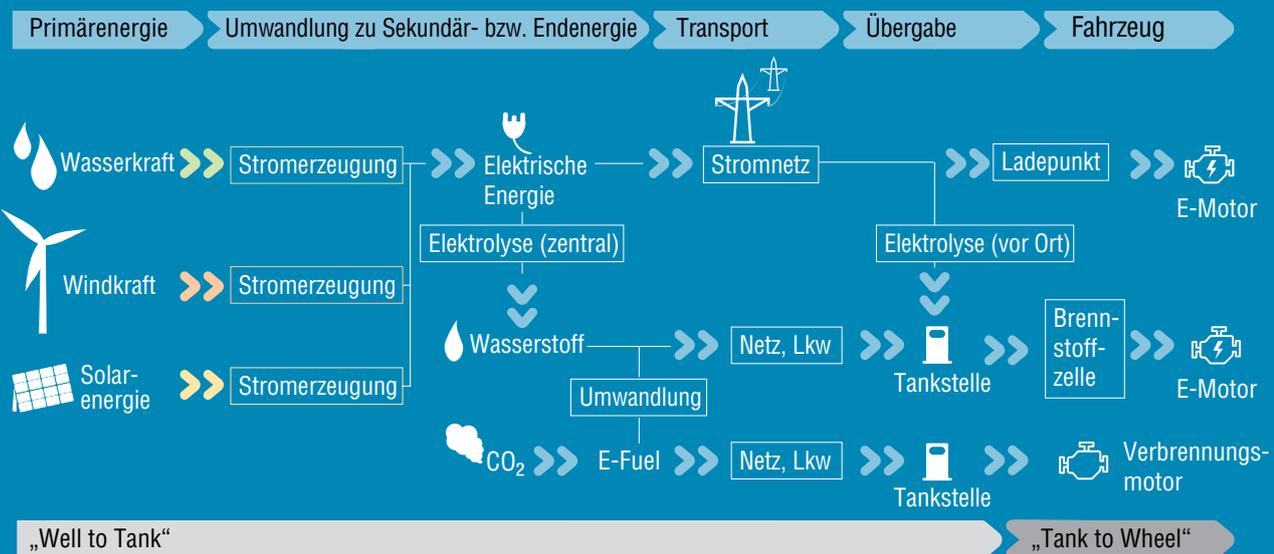
Die ÖBB Postbus GmbH testete im Jahr 2019 Wasserstoff-Busse eine Woche in Graz und drei Wochen zwischen dem Flughafen Schwechat und Wien. Die Wiener Linien starten im Jahr 2020 einen Test, im Jahr 2030 werden zehn Wasserstoffbusse ausgeschrieben. Im Herbst 2019 waren europaweit bereits in 16 Städten Brennstoffzellenbusse in Betrieb. In den nächsten Jahren sollen europaweit einige Hundert Busse in Demonstrationsprojekten eingesetzt werden, einige größere Testprojekte sind bereits abgeschlossen. Ein Langzeittest des Schweizer PostAuto über fünf Jahre etwa wies die Tauglichkeit von Wasserstoff im regionalen Personenverkehr nach. Fahrgäste und Fahrpersonal schätzten die ruhige und ruckfreie Fahrweise, Anrainer profitierten von der geringen Lärmentwicklung. Herausforderungen bestehen jedoch noch durch den vergleichsweise hohen Wartungsaufwand der Fahrzeuge und der Tankstellen, insbesondere der Kompressoren. Weltweit gibt es über ein Dutzend Hersteller von Brennstoffzellen Bussen, elf allein in Europa.

Beispiele der Mobilitätswende

ziehungsweise neu zu errichtenden Wasserstoffnetzen gespeichert und verteilt werden. Dadurch kann Wasserstoff für viele Energieanwendungen in Gebäuden, der Industrie und im Verkehr eingesetzt werden. Somit kann Wasserstoff zur Verknüpfung mehrerer Sektoren (Sektorkopp-

Aus Strom von Wind, Wasser und Sonne kann durch Elektrolyse grüner Wasserstoff für den Verkehr hergestellt werden.

## Der Weg von erneuerbarem Strom zu Wasserstoff in Verkehr

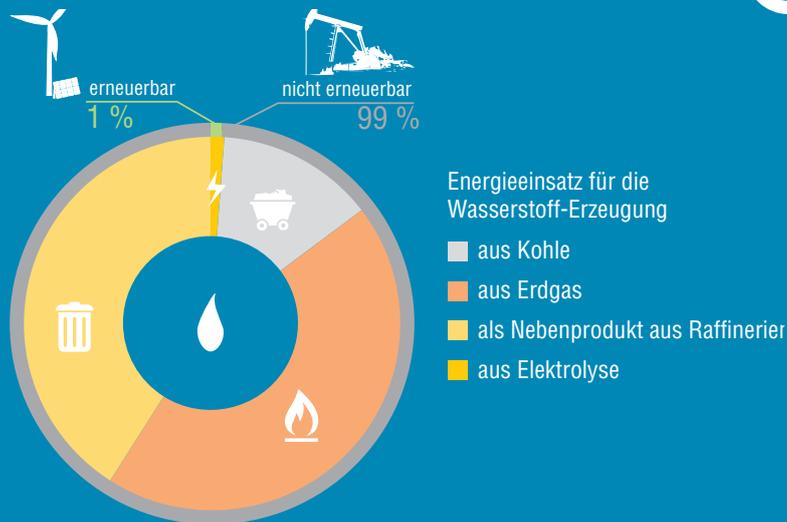


Quelle: Agora Verkehrswende, Agora Energielewinde, Frontier Economics 2018<sup>12</sup> Grafik: VCO 2020

## Wasserstoff weltweit derzeit fast nur aus fossilen Quellen

VCO

klimaenergiefonds



Quelle: IEA 2019 \* Grafik: VCO 2020

Derzeit wird weltweit nur ein Bruchteil des Wasserstoffs mittels Elektrolyse hergestellt. Davon wiederum, stammt nur ein Prozent aus erneuerbaren Energien.

lung) beitragen.<sup>10</sup> Als kohlenstofffreier Energieträger ermöglicht Wasserstoff so einen stofflich geschlossenen und durchgehend CO<sub>2</sub>-freien Kreislauf.<sup>8</sup> Die Erzeugungskosten von grünem Wasserstoff hängen neben den Investitionskosten vor allem von der Auslastung der Elektrolyseanlage und dem Strompreis beziehungsweise der Verfügbarkeit von günstigem erneuerbarem Strom ab. Bei starker Verbreitung der Technologie ist durch Verbesserungen der Elektrolyse selbst und ihrer Herstellung mit einer deutlichen Reduktion der Kosten zu rechnen.<sup>9</sup> Ob und inwieweit grüner

Wasserstoff künftig auch preislich konkurrenzfähig mit anderen erneuerbaren Energieträgern sein wird, hängt wesentlich auch von kommenden Rahmenbedingungen ab, wie zum Beispiel dem Marktdesign, oder der steuerlichen Behandlung. Als hochwertiger Energieträger (hoher Exergiegehalt) wird grüner Wasserstoff vor allem dort sinnvoll eingesetzt werden können, wo wenige oder keine anderen Dekarbonisierungsoptionen bestehen, wie etwa in der Eisen- und Stahlerzeugung, der chemischen Industrie oder für Anwendungen, die sehr hohe Temperaturen benötigen. Wenn Wasserstoff eine wesentliche Rolle in der Dekarbonisierung der Sektoren Industrie und Verkehr spielen soll, wird dafür zusätzlich Strom erzeugt werden müssen. „Überschussstrom“, also Strom zu Zeiten, in denen die Erzeugung den Verbrauch in heute etablierten Stromanwendungen übersteigt,<sup>10</sup> wird dafür nicht ausreichen.<sup>12</sup>

### Welche Optionen es zur Dekarbonisierung des Kfz-Verkehrs gibt

Das Verkehrssystem der Zukunft wird wesentlich auf Strom aus erneuerbaren Quellen basieren: Dieser kann in mitgeführten Batterien – künftig möglicherweise auch in großen Kondensatoren („Supercaps“) – gespeichert werden (BEV – „Battery Electric Vehicle“), aus Oberleitungen entnommen oder im Fahrzeug mittels einer Brennstoffzelle aus Wasserstoff erzeugt werden, der im Fahrzeugtank gespeichert ist (FCEV – „Fuel Cell Electric Vehicle“). Verbrennungsmotoren werden durch Elektromotoren ersetzt oder ergänzt (Hybrid-Fahrzeuge) oder in speziellen Anwendungen weiter genutzt und mit synthetischen Kraftstoffen („E-Fuels“) oder Agro-Kraftstoffen betrieben. E-Fuels sind aus grünem Wasserstoff erzeugte gasförmige („Power-to-Gas“) oder flüssige („Power-to-Liquid“) Kraftstoffe, wie Methan, Methanol oder langkettige Kohlenwasserstoffe. Ihre Erzeugung ist jedoch aufgrund der langen Umwandlungskette vergleichsweise ineffizient und benötigt zudem eine erneuerbare Quelle für CO<sub>2</sub> beziehungsweise Kohlenstoff.

Beispiele der Mobilitätswende

Foto: Hyundai Motor Company



## Wasserstoff-Lkw

In der Schweiz soll bis zum Jahr 2023 eine Flotte von 1.000 Brennstoffzellen-Lkw aufgebaut werden. Träger des Projekts sind der Fahrzeughersteller Hyundai und das Unternehmen H2 Energy, das den Wasserstoff aus erneuerbaren Quellen liefern wird. In Österreich plant die Tiroler Supermarktkette MPPreis bereits den vollständigen Umstieg auf Wasserstoff. Im Jahr 2020 werden die ersten drei, bis zum Jahr 2027 alle 42 Lkw der Flotte umgestellt. Eine eigene Elektrolyseanlage ist für das Jahr 2020 geplant.

### Welche Reichweite und Kapazität unterschiedliche Antriebe haben

Verglichen mit derzeit üblichen Verbrennungsmotoren haben elektrische Antriebe klare Vorteile. Sie sind wesentlich effizienter, können Brems-

energie zurückgewinnen (Rekuperation), sind leiser und verursachen keine lokalen Emissionen von CO<sub>2</sub>, Feinstaub oder Stickoxiden („Null-Emissions-Fahrzeuge“). Grundsätzlich ist der Pfad über Wasserstoff und die Brennstoffzelle weniger effizient als die direkte Nutzung von Strom im Fahrzeug. Allerdings gibt es andere Vorteile von FCEV. Wasserstofftanks mit 350 oder 700 bar können pro Masseneinheit deutlich mehr Energie speichern als Akkus, wodurch die Reichweite von FCEV im Bereich von Benzin- und Diesel-Pkw liegt. Bei BEV hängt die Reichweite hingegen unmittelbar mit der Kapazität und damit mit dem Gewicht des Akkus zusammen, das bei Nutzfahrzeugen zulasten der Nutzlast geht, woraus sich ein Zielkonflikt zwischen Reichweite und Nutzlast ergeben kann.<sup>13</sup>

Die Reichweite von FCEV ist auch kaum abhängig von Umweltbedingungen, da hohe oder niedrige Temperaturen nur geringe Auswirkungen auf den Betrieb der Brennstoffzellen haben und sie für die Beheizung des Fahrgastraums die Abwärme der Brennstoffzelle nutzen können. BEV müssen die dazu benötigte Energie aus der Batterie beziehen, die auch sensibler auf hohe und niedrige Temperaturen reagiert. Auch dauert das vollständige Aufladen von Akkus um ein Vielfaches länger als das Tanken eines FCEV.<sup>14</sup> Erreichbare Reichweiten sowie Auflade- beziehungsweise Tankdauer haben je nach Segment des Verkehrssektors unterschiedlich hohe Bedeutung. Die durchschnittliche Länge eines Weges, der in Österreich an Werktagen zurückgelegt wird, liegt bei 16 Kilometern. Mit dem Pkw werden pro Tag im Schnitt 43 Kilometer zurückgelegt. Nur fünf Prozent der Pkw-Fahrten sind länger als 50 Kilometer.<sup>15</sup> Auch Nutzfahrzeuge haben durchschnittliche Tagesfahrten, die prinzipiell verschiedene Antriebsoptionen ermöglichen. Leichte Nutzfahrzeuge legen im Schnitt jährlich 19.000 Kilometer zurück, umgelegt auf einen Arbeitstag rund 75 Kilometer, schwere Nutzfahrzeuge bringen es im Mittel auf knapp 70.000 Kilometer pro Jahr beziehungsweise auf durchschnittlich knapp 270 Kilometer pro Arbeitstag.<sup>16</sup>

### Vorteile für Wasserstoff bei großen und schweren Fahrzeugen

Unterschiede zwischen den Antrieben und Energieträgern ergeben sich auch beim Blick auf die



Foto: Zillertalbahnhof

Beispiele der Mobilitätsveränderung

## Zillertalbahnhof nutzt Wasserstoff

Die Umstellung der Zillertalbahnhof auf Wasserstoff in Tirol zwischen Jenbach und Mayerhofen als erste Schmalspurbahn der Welt ist für das Jahr 2023 geplant. Fünf Triebfahrzeuge sollen angeschafft werden. Da aus touristischen Gründen die Elektrifizierung der Bestandsstrecke mit durchgängigen Oberleitungen nicht erwünscht war, wurden zwei Varianten untersucht: Einerseits die Elektrifizierung durch eine Oberleitung, jedoch mit oberleitungsfreien Streckenabschnitten in sensiblen Gebieten, in Kombination mit einem Oberleitungs-Hybrid-Elektro-Triebwagenzug mit Akkus. Andererseits eine gänzlich oberleitungsfreie Strecke in Kombination mit einem Wasserstoff-Elektro-Triebwagenzug. Die Entscheidung für Wasserstoff fiel letztlich aus wirtschaftlichen Überlegungen. Der Wasserstoff soll in einer Elektrolyseanlage in Mayerhofen mit Anspeisung aus dem dortigen Wasserkraftwerk erfolgen, als Backup ist eine Wasserstoffanlieferung per Trailer nach Jenbach vorgesehen. Europaweit ist Deutschland Vorreiter bei wasserstoffbetriebenen Zügen. In Niedersachsen sind zwei Vorserienfahrzeuge im Regelbetrieb, 14 weitere sollen im Jahr 2021 dazukommen. In den Jahren 2022 und 2023 gehen beim Verkehrsverbund Rhein-Main 27 Brennstoffzellenzüge in Betrieb.

## » Glossar

**Grüner Wasserstoff:** Wasserstoff auf Basis erneuerbarer Energie. Meist aus der Wasserelektrolyse von Strom aus erneuerbaren Quellen.

**Grauer Wasserstoff:** Wasserstoff aus fossilen Quellen (vor allem Dampferzeugung von Erdgas)

**Blauer Wasserstoff:** Wasserstoff aus fossilen Quellen mit Abtrennung und Speicherung (CCS) oder Nutzung (CCU) des fossilen Kohlendioxids.

**Grünes Gas („Green Gas“):** Wasserstoff oder Methan aus erneuerbaren Quellen

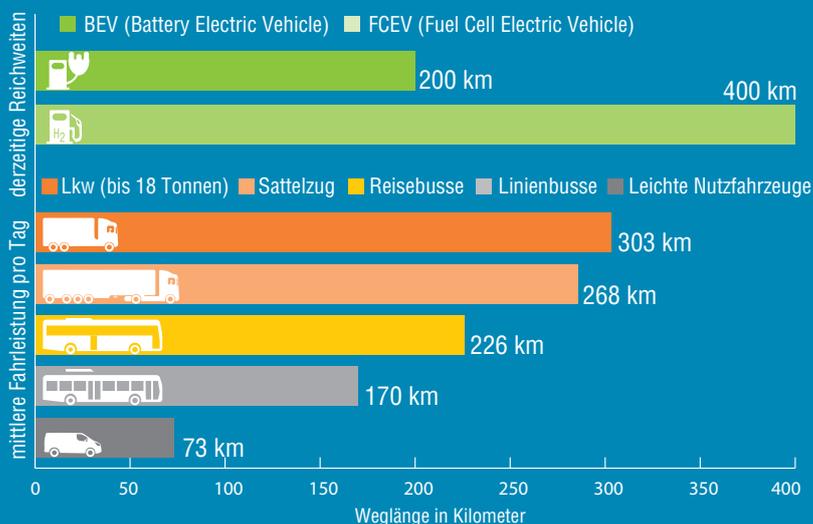
**Power-to-gas (PtG):** Wasserstoff aus der Elektrolyse von Strom aus erneuerbaren Quellen oder daraus erzeugtes synthetisches Methan.

**E-Fuels:** Synthetische, flüssige Kraftstoffe, hergestellt aus grünem Wasserstoff und Kohlendioxid.

**Brennstoffzelle:** Vorrichtung zur Umwandlung der chemischen Energie eines Brennstoffs und eines Oxidationsmittels in elektrische Energie und Wärme („kalte Verbrennung“).

## Vorteil für Wasserstoff bei hohen täglichen Fahrleistungen

VCO

klima  
energie  
fondsQuelle: Verkehrsrundschau 2019<sup>16</sup>, TruckMan 2019<sup>17</sup>, Volvo Trucks 2019<sup>18</sup>, Grafik: VCO 2020

In Bereichen mit hohen täglichen Fahrleistungen, hohen Fahrzeuggewicht und hoher Zuladung ergibt sich für Wasserstoff Anwendungsbereiche

gesamte Ökobilanz. Nicht nur die Herkunft des Energieträgers und die Effizienz des Fahrzeugs, sondern auch der „Rucksack“ an Energiebedarf, Treibhausgasemissionen und Materialverbrauch der Fahrzeugherstellung und -entsorgung in einer Lebenszyklus-Analyse sind entscheidend. Hier schneidet der Wasserstoffantrieb bei großen, schweren Fahrzeugen oder solchen mit hoher Reichweite vergleichsweise günstiger ab, da die Herstellung des Fahrzeugakkus entschei-

dend in diese Berechnungen eingeht.<sup>17</sup>

Im Landverkehr ist Wasserstoff also vor allem für Bereiche geeignet, in denen hohe Reichweiten, Fahrzeuggewicht und hohe Zuladung oder der Einsatz bei kalten Umgebungsbedingungen unter 0°C relevant sind sowie Betankungszeiten eine wirtschaftliche Rolle spielen. Sonderfahrzeuge, schwere Nutzfahrzeuge wie Lastkraftwagen, Busse oder auch Bahnen, wo eine Elektrifizierung der Straßen- oder Schienenstrecken mit Oberleitungen nicht effizient, unpraktikabel oder zu teuer ist, sowie Pkw und leichte Nutzfahrzeuge mit hohen Fahrleistungen (zum Beispiel Fahrzeuge öffentlicher Dienste, Lieferflotten). Zudem bietet die Nutzung in Flotten den Vorteil, dass Betankung und Wartung zentral erfolgen können. Einsatzmöglichkeiten werden auch im Flug- und Schiffsverkehr bestehen, wo vor allem Kraftstoffe auf Basis biogener Quellen oder grünem Wasserstoff benötigt werden. Batterie-elektrischer Schiffsverkehr erscheint lediglich für Binnenschiffe und kurze Strecken realistisch.<sup>18</sup>

### Wasserstoff benötigt neue Infrastruktur

Neben der Erzeugung, spielt auch die Infrastruktur für den Transport und die Speicherung von Wasserstoff eine Rolle. Wasserstoff kann zentral erzeugt und über Pipelines oder Lkw („Trailer“) zur Tankstelle transportiert werden. Alternativ kann er auch vor Ort erzeugt werden, was eine entsprechende elektrische Anbindung voraussetzt. In jedem Fall muss Wasserstoff-Infrastruktur erst aufgebaut werden und sollte parallel mit der Ausweitung der Anwendungen erfolgen. Analysen für Deutschland zeigen, dass die Infrastrukturkosten eines wahlweisen hohen Anteils von Brennstoffzellen- oder Batteriefahrzeugen in vergleichbarer Höhe liegen, wenn die Fahrleistungen auf heutigem Niveau bleiben und die Wechselwirkungen mit der Dekarbonisierung des gesamten Energiesystem mit betrachtet wird.<sup>19</sup>

### Wasserstoff im Verkehr steht erst am Beginn der Entwicklung

Ende Oktober 2019 waren in Österreich 41 Brennstoffzellen-Pkw zugelassen, 18 Neuzulassungen erfolgten im Jahr 2019.<sup>20</sup> Weltweit waren Ende des Jahres 2018 rund 12.900 Brennstoffzellen-Fahrzeuge in Betrieb, davon 11.200 Pkw. Ihre Anzahl ist



## Wasserstoff-Fähre

Der norwegische Fähr-Betreiber Norled nimmt im Jahr 2021 die weltweit erste wasserstoffbetriebene Fähre in Betrieb. Das Schiff bietet Platz für 299 Passagiere und 80 Autos und soll täglich eine Strecke von 260 km an der norwegischen Westküste in 19 Stunden befahren. Unterstützt wird das Vorhaben durch das Projekt „Flagships“ des „Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking“ der EU-Kommission und Hydrogen Europe. Als zweites Projekt fördert „Flagships“ ein wasserstoffbetriebenes Schubschiff an der Rhône in Lyon.

jedoch um 56 Prozent gegenüber dem Jahr 2017 angestiegen.<sup>21</sup> 46 Prozent der Fahrzeuge sind in den USA, 43 Prozent in Asien und elf Prozent in der EU unterwegs.<sup>22</sup> Bei den Nutzfahrzeugen dominiert China mit über 400 Bussen, gefolgt von den USA mit 55 und der EU mit etwa 80.<sup>22</sup> In Österreich betreibt die OMV derzeit fünf Wasserstofftankstellen. Der angebotene Wasserstoff wird aktuell als Raffinerienebenprodukt oder durch Dampfreformierung aus Erdgas gewonnen.<sup>23</sup> In Industrie und Politik gibt es weltweit zahlreiche Initiativen zur Forcierung von Wasserstoff, auch für den Verkehrssektor. In Europa ist das „Fuel Cell and Hydrogen Joint Undertaking“ ein zentraler Treiber. Dieses Public-Private-Partnership zwischen EU Kommission, Industrie und der Forschungscommunity fokussiert seine „Hydrogen Roadmap Europe“ im Verkehrssektor auf den Einsatz von Wasserstoff in leichten und schweren Nutzfahrzeugen, Bussen, Zügen und Pkw-Flotten wie Taxis.<sup>24</sup>

Für einen Schub könnte die „Clean Vehicles Direktive“ der EU sorgen<sup>25</sup>, die öffentliche Auftraggeber dazu verpflichtet, bei ihrer Fahrzeugbeschaffung zunehmend emissionsarme Fahrzeuge auszusuchen. Bis zum Jahr 2025 müssen in Österreich 45 Prozent und bis zum Jahr 2030 bereits 65 Prozent der neu angeschafften Busse emissionsarme Antriebe haben, jeweils die Hälfte davon muss emissionsfrei



Beispiele der Mobilitätswende

## Vor-Ort-Erzeugung von Wasserstoff

Wasserstoff für Verkehrsanwendungen kann in zentralen Elektrolyseanlagen oder vor Ort erzeugt werden. Das österreichische Unternehmen Fronius hat das System „SOLH2UB“ entwickelt, das eine Photovoltaikanlage mit einem Elektrolyseur, Wasserstofftanks und einer Zapfsäule kombiniert. Zusätzlich ist eine Brennstoffzelle für eine mögliche Rückverstromung integriert, auch die Abwärme des Elektrolyseurs und der Brennstoffzelle kann genutzt werden. SOLH2UB kann als Energiespeicher und als Betankungsanlage genutzt werden, das Potenzial dafür wird in Fahrzeugen mit hohem Energieverbrauch gesehen, wie kommunale Fahrzeuge, Transporter, Busse oder Lastkraftwagen.

sein, also auf Basis von Strom oder Wasserstoff. Für Lkw liegen die Mindestanteile bis zum Jahr 2025 bei zehn Prozent und bis zum Jahr 2030 bei 15 Prozent, für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge bei 38,5 Prozent ab dem Jahr 2025.

- 1 Europäische Kommission (2019) Der europäische Grüne Deal. Mitteilung der Kommission COM(2019) 640 final. Brüssel.
- 2 BMNT & BMVIT (2018) #mission2030 – Die österreichische Klima- und Energiestrategie. Wien.
- 3 NREL (2014) Hydrogen Station Compression, Storage, and Dispensing: Technical Status and Costs. Golden: 2014. Der angegebene Wert entspricht einem Energieaufwand für die Kompression auf 700 bar von 2,7 kWh pro kg Wasserstoff. Die Angaben haben jedoch eine große Bandbreite von 2 bis 4 kWh pro kg bei einer Kompression auf 350 bar bis zu 8,3 kWh pro kg für 430 bar.
- 4 Robinius et al. (2018) Comparative Analysis of Infrastructures: Hydrogen Fueling and Electric Charging of Vehicles. Jülich.
- 5 Balcombe et al. (2018) The carbon credentials of hydrogen gas networks and supply chains. Renewable and Sustainable Energy Reviews 91 1077–1088.
- 6 CCCA (2019) Referenzplan als Grundlage für einen wissenschaftlich fundierten und mit den Pariser Klimazielen in Einklang stehenden Nationalen Energie- und Klimaplan für Österreich. Wien und Graz.
- 7 BMNT (2018) Entwicklung einer österreichischen Wasserstoffstrategie. Vortrag an den Ministerrat am 22. November 2018. Wien.
- 8 Klell et al. (2018) Wasserstoff in der Fahrzeugtechnik, ISBN 978-3-658-20446-4, Springer, 4. Auflage.
- 9 IEA (2019) The Future of Hydrogen.
- 10 Acatech et al. (2017) „Sektorkopplung“ – Untersuchungen und Überlegungen zur Entwicklung eines integrierten Energiesystems. München.
- 11 Fleiter et al. (2019) Industrial Innovation: Pathways to deep decarbonisation of Industry. Part 2: Scenario analysis and pathways to deep decarbonisation. Karlsruhe und London.
- 12 Agora Verkehrswende, Agora Energiewende, Frontier Economics (2018) Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe. Berlin und Köln.
- 13 Roland Berger (2017) Development of Business Cases for Fuel Cells and Hydrogen Applications for Regions and Cities – FCH Heavy-duty trucks. Brussels.
- 14 VDI, VDE (2019) Brennstoffzellen- und Batteriefahrzeuge. Bedeutung für die Elektromobilität. Düsseldorf.
- 15 BMVIT (2016) Österreich unterwegs 2013/2014. Wien.
- 16 Umweltbundesamt (2019) Hintergrunddaten zur Österreichischen Luftschadstoff-Inventur (OLI). Stand: 22.01.2019. Wien. Annahme: 260 Arbeitstage pro Jahr.
- 17 Fraunhofer ISE (2019) Treibhausgas-emissionen für Batterie- und Brennstoffzellenfahrzeuge mit Reichweiten über 300 km. Freiburg.
- 18 Umweltbundesamt (Deutschland) (2016) Erarbeitung einer fachlichen Strategie zur Energieversorgung des Verkehrs bis zum Jahr 2050. Dessau-Roßlau.
- 19 LBST (2019) Infrastrukturbedarf E-Mobilität – Analyse eines koordinierten Infrastrukturaufbaus zur Versorgung von Batterie- und Brennstoffzellen-Pkw in Deutschland
- 20 Statistik Austria (2019) Kfz-Statistik. Wien.
- 21 IEA (2019) The Future of Hydrogen. Paris.
- 22 AFC TCP (2019) Survey on the Number of Fuel Cell Vehicles, Hydrogen Refueling Stations and Target.
- 23 OMV (2019) Factsheet OMV Wasserstoffmobilität. Wien.
- 24 Hydrogen Europe (2019) Hydrogen Roadmap Europe, Keynote Presentation. O.A.
- 25 Richtlinie (EU) (2019)/1161 des europäischen Parlaments und des Rates zur Änderung der Richtlinie 2009/33/EG über die Förderung sauberer und energieeffizienter Straßenfahrzeuge.
- 26 Verkehrs-rundschau (2019) Schweiz: Hyundai will 2020 erste 50 Lkw mit Brennstoffzellen ausliefern. URL <https://www.verkehrsrundschau.de/nachrichten/schweiz-hyundai-will-2020-erste-50-lkw-mit-brennstoffzellen-ausliefern-2470726.html>
- 27 Truck Man (2019) MAN eTruck – Die Zukunft des innerstädtischen Lieferverkehrs beginnt jetzt. URL <https://www.truck.man.eu/at/de/man-etruck.html>
- 28 Volvo Trucks (2018) Je mehr Batteriekapazität, desto besser, oder etwa nicht? URL <https://www.volvotrucks.de/de-de/news/magazine-online/2018/apr/battery-capacity.html>

# Wasserstoff nur aus erneuerbaren Energien

Voraussetzung für einen treibhausgas-neutralen Verkehrssektor in der EU bis zum Jahr 2050 sind zum einen die Erzeugung der Energie aus erneuerbaren Quellen und zum anderen die massive Reduzierung des Energiebedarf des Verkehrs. Dies gelingt durch die Strategie Verkehr vermeiden und auf klimaverträgliche Verkehrsmittel, wie Bahnfahren oder Radfahren, verlagern. Zusätzlich zu Vermeidungs- und Verlagerungsstrategien sind Effizienzsteigerungen durch Elektrifizierung und auch Brennstoffzelle und Wasserstoff essenziell. Entscheidend für die Klimaverträglichkeit ist, dass der Wasserstoff, im Unterschied zu der derzeit weltweiten Wasserstoff-Produktion, aus erneuerbaren Primärenergiequellen, wie Windenergie, hergestellt wird. Auch der Speicherfunktion des Grünen Wasserstoffes kommt eine wichtige Rolle zu.

## Entwicklung steht im Verkehr erst am Beginn

Derzeit sind erst wenige Pilotanwendungen mit ausschließlich grünen wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen in Betrieb. Wasserstoff und Brennstoffzelle spielen für Einsatzbereiche eine bedeutsame Rolle, in denen hohe Reichweiten, große Zuladung, ein Betrieb bei kalten Umgebungstemperaturen sowie Betankungszeiten wichtig sind. Zudem kann Grüner Wasserstoff als Energiespeicher zur Kopplung von erneuerbaren Energien in mehreren Sektoren beitragen. Neben der Erzeugung selbst, ist auch der Infrastruktur-Aufbau sowohl für den Transport als auch für die Speicherung eine noch bisher ungelöste Herausforderung. Die Ergebnisse der derzeitigen Forschung im Bereich des Wasserstoffs sind in den Markt zu überführen.

## >> In aller Kürze

### Grüner Wasserstoff für bestimmte Bereiche im Verkehrssystem

- Grüner Wasserstoff kann im künftigen Energiesystem wichtige Rollen spielen, als Enabler zur Integration erneuerbarer Energie, als Energiespeicher und als hochwertiger Energieträger.
- Bei einer vollständigen Dekarbonisierung des Energiesystems wird Wasserstoff vor allem in Hochtemperaturanwendungen und als Rohstoff in der Industrie und im Verkehr gebraucht werden.
- Im Verkehrsbereich bieten FCEV wie BEV die Vorteile der lokalen Emissionsfreiheit und der vollständigen erneuerbaren, kohlenstofffreien Energiebereitstellung.
- FCEV sind vor allem für Bereiche geeignet, in denen hohe Reichweiten, das Fahrzeuggewicht, hohe Zuladung, Betrieb bei kalten Umgebungsbedingungen und Betankungszeiten relevant sind: Pkw und leichte Nutzfahrzeuge mit hohen Fahrleistungen, Sonderfahrzeuge, schwere Nutzfahrzeuge wie Lastkraftwagen oder Busse und Bahnen.
- Es sind erst wenige wasserstoffbetriebene Fahrzeuge in Betrieb, in zahlreichen Tests wurden jedoch Verkehrsanwendungen erprobt und die Alltagstauglichkeit nachgewiesen.



**Theresia Vogel,**  
Klima- und Energiefonds:

„Wir unterstützen die Transformation unseres Energie- und Mobilitätssystems, denn immer dringlicher geht es darum, Forschungsergebnisse rascher in den Markt zu überführen. Sowohl aus wirtschaftlichen Gründen, aber auch, um die europäischen Klimaziele zu erreichen. Grüner Wasserstoff hat das Potenzial, hierzu beizutragen.“



**Ulla Rasmussen,**  
VCÖ - Mobilität mit Zukunft:

„Viele Sektoren werden Grünen Wasserstoff brauchen. Daher ist Wasserstoff aus erneuerbaren Energien im Verkehrssektor einzusetzen. Aber nur dort, wo hohe Reichweiten, sowie hohes Fahrzeuggewicht und hohe Zuladung es notwendig machen.“



Ihre Spende macht den  
VCÖ-Einsatz möglich. Danke!

powered by **klima+  
energie  
fonds**